

文章编号:1004-9045(2007)04-0369-03

武汉一次下击暴流天气的成因分析

崔讲学¹, 张家国², 王仁乔², 王平²

(1.湖北省气象局, 武汉 430074; 2.武汉中心气象台, 武汉 430074)

摘要:对多普勒天气雷达、卫星以及高空地面等各种探测资料进行了综合分析。结果表明:2007年7月27日发生于武汉地区的局地强对流天气过程主要是在500 hPa副热带高压边缘反气旋性弯曲的西南气流中,受午后下垫面强烈加热、对流不稳定增强、局地中尺度辐合系统加强等共同作用下,产生的中尺度对流系统直接造成的。雷暴云中宏尺度(Macro-scale)、微尺度(Micro-scale)的下击暴流在近地面形成的破坏性直线风是导致武汉地区大风灾害的直接物理原因。

关键词:下击暴流; 雷达回波; 中尺度系统

中图分类号: P445 文献标识码: A

1 引言

Fujita把下击暴流定义为地面上水平风速大于 $17.9\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、中空气流向地、地面气流为辐散或直线型的灾害性风,并根据外流的灾害性范围大小,又把下击暴流分为宏下击暴流和微下击暴流^[1-2]。下击暴流因具有强的下沉气流和强的低空风切变,往往造成大树连根拔起、房屋倒塌、飞机坠毁等恶性事故,造成巨大的生命与财产损失。由于其尺度小,生命史短,目前主要靠多普勒雷达观测强风暴的发生发展来推断其发生的可能性,预报难度很大。国内外许多研究者对下击暴流事件进行了较多的研究。孙凌峰^[3]、刘洪恩^[4]利用数值模式模拟指出,下击暴流产生的直接原因是降水的重力拖曳作用引起,其次是冰雹的融化和雨水蒸发的冷却作用。俞小鼎^[5]等利用我国新一代天气雷达资料分析一个孤立的强烈多单体风暴的产生下击暴流事件,指出反射率因子核心的逐渐降低并伴随云底以上的速度辐合的多普勒雷达回波特征,可以用来提前数分钟预警下击暴流的发生。另外,弓状回波是下击暴流事件发生的主要特征^[6-7]。2007年7月27日下午,由于受午后下垫面强烈加热,对流不稳定增强,低层中尺度辐合系统加强的共同影响,一个中尺度系统在湖北咸宁、崇阳、通山一带生成,然后向偏北方向加速移动并不断发展加强。受其影响,武汉市、黄陂等地发生了雷雨大风等强对流天气。这次强对流天气过程发展快、局地性强,破坏力大,局部出现了10级以上瞬时大风。灾情调查反映,大风灾害表现为一狭窄地带,大风中心主要位于武汉市黄陂区。下面通过对多普勒天

气雷达、卫星以及高空地面等各种资料进行综合分析,初步揭示其主要成因。

2 成因分析

2.1 天气形势分析

27日08时(北京时间,下同),副热带高压呈东西带状,500 hPa脊线位于 27°N 附近,鄂东处在副热带高压边缘的西南气流中。天气尺度的低槽、切变线系统位于四川盆地、鄂西、鄂北地区。08时,K指数30,SI=-1.8,表明大气呈对流不稳定状态;午后受下垫面加热影响,整个鄂东南为35以上的高温天气,至20时,K指数达到32,SI=-4.0,不稳定明显加强,但中低层风切变较小,仅有 $1.2\times 10^{-3}\text{ s}^{-1}$,不具备发生超级单体强风暴的动力条件。这次局地强对流天气过程主要发生在副热带高压边缘反气旋弯曲的西南气流中,由午后下垫面强烈加热,对流不稳定增强,局地形成的中尺度系统所致。

2.2 地面中尺度分析

地面中尺度风场分析发现,沿幕阜山东侧北上的天气尺度南风气流,由于受北面大别山的阻挡,在九江附近向西绕流,与沿幕阜山西侧北上沿河谷向东绕流的南风,在鄂东南形成一条中尺度辐合线,午后下垫面加热,对流不稳定性开始增强,对流云团在这条中尺度辐合线附近发展起来。这种地形中尺度辐合线的动力抬升作用是导致咸宁附近对流云团发展的主要原因之一^[8]。

2.3 雷达回波分析

对雷达观测的组合反射率产品分析可以看出,这

收稿日期:2007-08-25;定稿日期:2007-09-30

基金项目:中国气象局新技术重点推广项目“长江中游气象水文预报与服务系统研究”(CMATG2006Z08)资助

作者简介:崔讲学,男,1958年生,高级工程师,湖北省气象局局长。E-mail:hbqxdq@126.com

次强对流天气开始主要表现为分散对流回波, 通过聚集成成为对流单体集中的回波团, 尔后团状回波演变成具有弓形的雷暴短带, 在其下方形成各种尺度的下击暴流, 产生了破坏性的地面直线风。

图 1 是武汉多普勒雷达观测的组合反射率产品, 从图中可以看出, 7月 27 日下午 16 时武汉多普勒雷达开始观测到有对流回波从江西向鄂东南地区移动, 17~18 时在咸宁、崇阳、通山和大冶等地聚集并组织成对流回波团。之后团状回波减弱, 在地面有中尺度的冷堆形成, 雷暴短带在冷堆前沿阵风锋附近形成, 并向北加速移动。19 时雷暴带在武汉南部断开为东西两段, 西段向西北方向移动, 东段向东北方向移动, 武汉处在两块回波的中间, 仅有一小块对流回波。从整体上看回波强度明显减弱, 然而当回波移动到武汉市附近时迅速发展加强, 回波强度为 50 dbz, 这块强对流回波加速向北移动, 自南向北影响武汉、黄陂等地。回波移至武汉附近加强, 可能与城市热岛效应、城市

高大建筑形成的下垫面阻挡效应有一定的关系。从对流回波垂直剖面分析风暴结构特征来看, 对流风暴均为普通单体雷暴。

图 2 是武汉多普勒雷达观测到的这次强对流天气过程速度图演变过程。从速度场上可以看出, 在带状回波断裂的时候, 19:02 和 19:25 速度图上鄂东南地区大部分为 $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的径向风, 其中在三个位置还出现了 $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上的径向风, 尺度仅有几公里到十几公里, 这里称之为大风核。大风核与减弱的雷暴带上的几个相对强的对流单体位置一致。当雷暴在移出武汉雷达站后, 大风核有所扩大, 径向风有所加强。与大风灾害实况比较, 大风灾害与这些宏、微尺度的大风核有密切关系, 而这些宏、微尺度的大风核就是雷暴云中的下击暴流在近地面形成的破坏性的直线风的反映。

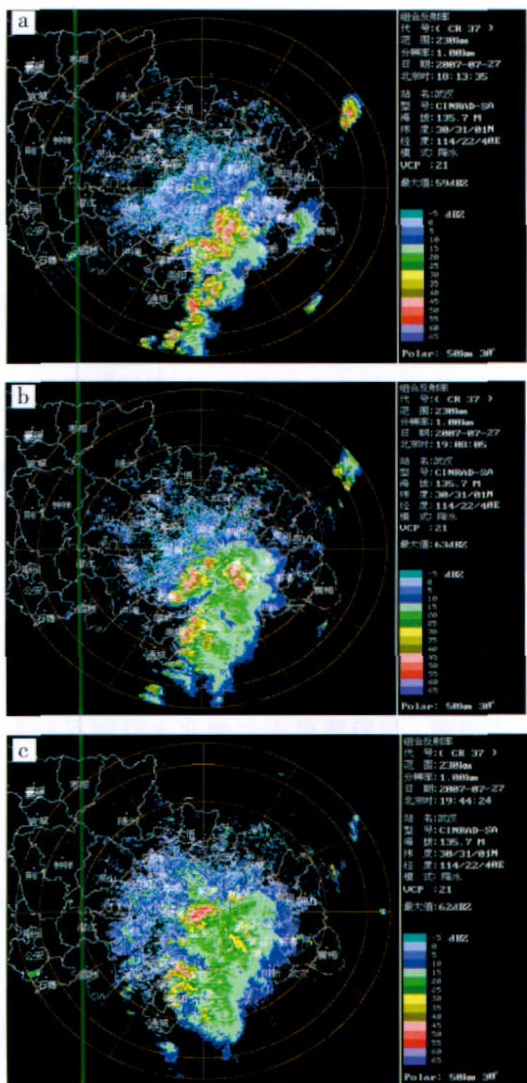


图 1 武汉多普勒雷达组合反射率因子图
(a)18:13;(b)19:08;(c)19:44

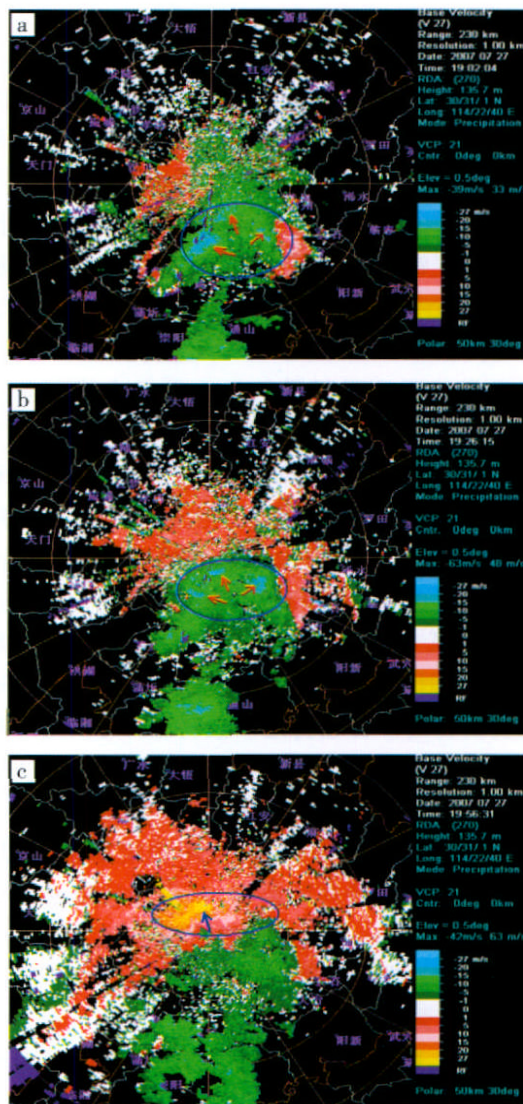


图 2 武汉多普勒雷达速度图下击暴流速度特征和演变(a)19:02;(b)19:25;(c)19:56

2.4 卫星云图分析

从卫星云图上看, 这次强对流天气过程是由一个

中尺度对流云团引起的。27日下午14时以前,卫星云图上鄂东地区一直为晴空少云天气,14~17点鄂东对流云逐渐增多,18:30在鄂东南地区有一个中尺度的对流云团,尺度仅100 km。此时云团发展到最旺盛阶段,云顶最低温度达到-85,云团为对称的圆状。20时大于-80云面积明显萎缩,云团开始明显减弱,最冷云顶位于云团前界北、东北位置。21:30云团明显处于消亡期。

3 预报难点分析

(1)这一次过程发生在副热带高压边缘西南气流当中,当天早晨的K指数、沙氏指数表明对流不稳定并不强,低层风切变较小,不具备发生超级单体强风暴的动力条件,短期预报难度较大。

(2)雷暴带形成的宏、微尺度下击暴流是造成地面大风的主要天气系统,往往产生地面破坏性直线风。在多普勒速度图上,反映宏、微尺度的下击暴流的大风核仅有4~10 km,生命史仅有30 min左右,由于尺度小,生命史短,短时预警相当大的难度。

(3)明显减弱的对流单体在移近武汉市后突然迅速加强,其原因和物理机制尚不清楚。可能与城市热岛效应、城市高大建筑形成的下垫面阻挡效应有一定的关系,需要进一步深入研究,这也是造成当前预报难点之一。

(4)风暴靠近雷达站时,由于观测盲区的存在,雷达数据有所失真,雷达回波强度有些减弱,也增加了预报难度。

4 结论与讨论

这次局地强对流天气过程主要是在副热带高压边缘反气旋性弯曲的西南气流中,受午后下垫面强烈加热,对流不稳定增强,在局地中尺度辐合加强等系

统的共同作用下,产生的中尺度对流系统(MCS)直接造成的。MCS生成后向偏北方向移动,雷暴云中宏、微尺度的下击暴流在近地面形成的破坏性直线风是导致武汉地区大风灾害的直接物理原因。由于它的尺度小、生命期短、突发性强等特点,预报此类微尺度强天气,目前国际上还没有切实有效的办法。分析表明,对中尺度、风暴尺度对流系统的雷达跟踪监测,对推断、估计这类天气出现会有一定的帮助;多普勒雷达径向风速场的演变对监测宏、微尺度下击暴流的形成有一定的指示意义。但这类天气外推时效也仅有十几分钟到30分钟左右。

综上所述,在目前现有的技术条件下,对“下击暴流”等微尺度的天气系统的识别、预警难度较大。今后有必要对此类天气形成的物理机制进行深入的科学研究,以便进一步揭示其发生发展的演变规律,为预警预报提供有益的帮助。

参考文献:

- [1] Fujita T T, Byers H R. Spearhead echo and downbursts in the crash of a1 airliner [J]. Mon Wea Rev. 1977, 105: 129-146.
- [2] Fujita T T. The Downburst. SMRP Research Paper 210. NTIS PB-148880[R]. Chicago: University of Chicago, 1985: 1-122.
- [3] 孙凌峰, 郭学良, 孙立潭, 等. 武汉“6·22”空难下击暴流的三维数值模拟研究[J]. 大气科学, 2003, 27(6): 1077-1092.
- [4] 刘洪恩. 微下击暴流的特征及其数值模拟[J]. 气象学报, 2001, 59(2): 183-195.
- [5] 俞小鼎, 张爱民, 郑媛媛, 等. 一次系列下击暴流事件的多普勒雷达分析[J]. 应用气象学报, 2006, 17(4): 385-392.
- [6] 毕旭, 罗惠, 刘勇. 陕西中部一次下击暴流的多普勒雷达回波特征[J]. 气象, 2007, 33(1): 70-73.
- [7] 刘峰, 李萍. 华南一次典型MCC过程的成因及天气分析[J]. 气象, 2007, 33(5): 76-82.
- [8] 张家国, 廖移山, 李德俊, 等. 鄂东连续特大暴雨的中尺度分析(一)[J]. 气象科学, 2001, 21(2): 170-176.

Analysis on a Downburst Events Occurred in Wuhan Area

CUI Jiang-xue¹, ZHANG Jia-guo², WANG Ren-qiao², WANG Ping²

(1. Hubei Provincial Meteorological Bureau, Wuhan 430074; 2. Wuhan Central Meteorological Observatory, Wuhan 430074)

Abstract: Doppler radar, satellite, upper air and surface data are analyzed, and the results show that, under the condition of weak down flow at the edge of the subtropical high, the local severe convective weather occurred in Wuhan on Jul 27 2007 was induced directly by a meso-scale convective system caused by the strong heating forcing of underlying surface in the afternoon, increase of the convective instability and the development of surface mesoscale convergence system. The destructive wind caused by the macroscale and microscale downburst in thunderstorm was the direct physical cause of gale disaster in Wuhan area.

Key words: Downburst; Doppler radar echo characteristic; Mesoscale convective system